

BEST AVAILABLE COPY

JC12 Rec'd PCT/PTC 29 SEP 2005

Japanese Patent Laid-open Publication No. 2002-198878 A

Publication date : July 12, 2002

Applicant : Toshiba Corp.

Title : RECEIVER USING SMART ANTENNA, RECEIVING METHOD

5 USING SMART ANTENNA, AND BEAM FORMING CIRCUIT

(57) [Abstract]

[Problem to be solved] To provide a simple hardware configuration for realizing a function of a smart
10 antenna in a broadband and to reduce the amount of weight calculation processing.

[Solution] In reception using a smart antenna, N pairs of pilot subcarrier signals are extracted from fast Fourier transform (FFT) outputs and then antenna
15 weights are calculated therefor. The same antenna weight is multiplied by K subcarrier signals with a frequency approximating that of a pilot subcarrier. Thus, all of $N \times K$ subcarrier signals are assigned a weight for every antenna element, and a desired
20 directional pattern is formed. As a result, a simple hardware configuration for realizing the function of a smart antenna in a broadband is provided, and the amount of weight calculation processing is reduced.

[0027] When a band of each subcarrier is relatively wide and thus all subcarriers are assigned the same antenna weight, a directional pattern obtained from every subcarrier varies because of a center frequency deviation between subcarriers set apart from one another. This may decrease beam gain in a direction of a desired wave. Further, a null is not created in a direction of an interference wave, so that characteristics may be deteriorated. If, however, the antenna weight is calculated for all of the subcarriers, the amount of calculation becomes enormous, which is not realistic. A subcarrier group is formed by subcarriers set apart from one another with a center frequency so that variation of the directional pattern caused by the frequency deviation between subcarriers does not cause a crucial damage. Subcarrier signals that constitute the subcarrier group are assigned the same weight.

20 [Brief Description of Drawings]

[Fig. 1] A block diagram of a configuration of a receiver using a smart antenna according to a first embodiment of the present invention.

25 [Fig. 1]

104a to 104c S/P converter
110 P/S converter
111 Timing controller
112 Weight group calculating unit

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-198878

(P2002-198878A)

(43) 公開日 平成14年7月12日 (2002.7.12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 4 B 7/08		H 0 4 B 7/08	D 5 J 0 2 1
H 0 1 Q 3/26		H 0 1 Q 3/26	Z 5 K 0 2 2
H 0 4 B 7/10		H 0 4 B 7/10	A 5 K 0 5 9
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-391221 (P2000-391221)

(22) 出願日 平成12年12月22日 (2000. 12. 22)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 松岡 秀浩

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 尾林 秀一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100083306

弁理士 三好 秀和 (外7名)

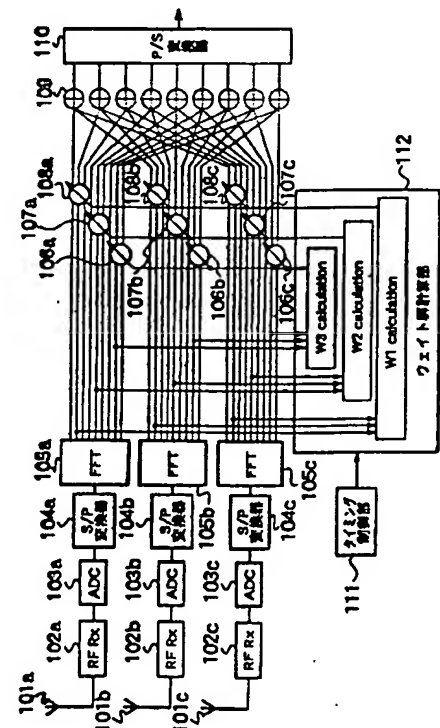
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スマートアンテナを用いた受信装置、スマートアンテナを用いた受信方法及びビーム形成回路

(57) 【要約】

【課題】 広帯域でスマートアンテナ機能を実現するのに簡易なハードウェア構成を有し、且つウェイト計算の処理量を低減すること。

【解決手段】 スマートアンテナを用いた受信で、FFT出力からN組のパイロットサブキャリア信号を抽出してアンテナウェイトを計算し、各パイロットサブキャリア近辺の周波数を有するK個のサブキャリア信号に対して同じアンテナウェイトを乗積することによって、N×K個のすべてのサブキャリア信号にアンテナ素子毎の重み付けを行い、所望の指向性パターンを形成することにより、広帯域でスマートアンテナ機能を実現するのに簡易なハードウェア構成を有し、且つウェイト計算の処理量を低減することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信装置において、受信信号をフーリエ変換して周波数領域で直交関係にあるサブキャリアに分離するアンテナ素子数と同数のフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部の出力信号から所定の中心周波数を有するパイロットサブキャリア信号を抽出し、前記パイロットサブキャリア周波数近辺に中心周波数を有する複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア信号群毎に、前記抽出したパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトの計算を行うウェイト群計算部と、前記ウェイト群計算部によって算出されたアンテナウェイトを前記サブキャリア信号群毎に乘積する重み付け部と、

前記重み付け部によって前記アンテナウェイトを乗積されたアンテナ数分の受信信号をサブキャリア毎に合成する加算部と、

前記加算部によって重み付け合成されたサブキャリア毎の信号を並列直列変換する並直列変換部と、

を具備することを特徴とするスマートアンテナを用いた受信装置。

【請求項 2】 複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信装置において、受信信号をフーリエ変換して周波数領域で直交関係にあるサブキャリアに分離するアンテナ素子数と同数のフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部によってフーリエ変換されたサブキャリア毎の信号を時分割で直列変換する並直列変換部と、

前記並直列変換部の出力信号から所定の中心周波数を有するパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するパイロット信号抽出部と、

パイロットサブキャリア周波数近辺に中心周波数を有する複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア信号群毎に、前記パイロット信号抽出部によって抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトの計算を行うウェイト群計算部と、

前記ウェイト群計算部によって算出されたアンテナウェイトを前記並直列変換部から出力されるサブキャリア信号群毎に乘積する重み付け部と、

前記重み付け部によって前記アンテナウェイトを乗積されたアンテナ数分の受信信号をサブキャリア毎に合成する加算部と、

を具備することを特徴とするスマートアンテナを用いた受信装置。

【請求項 3】 複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信装置において、アンテナ素子毎の受信信号に所定のウェイトを乗積する

前記アンテナ素子数と同数の前記重み付け部の出力信号を合成する加算部と、

前記加算部の出力信号をフーリエ変換して周波数領域で直交関係にあるサブキャリアに分離するフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部の出力信号から周期的に含まれるパイロットサブキャリア信号を抽出するパイロット信号抽出部と、

前記重み付け部で受信信号に乘算するアンテナウェイトを、前記抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いて計算するウェイト計算部と、

を具備することを特徴とするスマートアンテナを用いた受信装置。

【請求項 4】 複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信方法において、フーリエ変換された受信信号から抽出した所定のパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトを求めるステップと、

パイロットサブキャリア信号を少なくともひとつ含む複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア群毎の前記フーリエ変換された受信信号に、前記求めたアンテナウェイトを周波数領域で乗積するステップと、

を具備することを特徴とするスマートアンテナを用いた受信方法。

【請求項 5】 複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信方法において、フーリエ変換された後の時系列受信信号からアンテナウェイトを求めるためのパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するステップと、

パイロットサブキャリア信号を少なくともひとつ含む複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア群毎のアンテナウェイトを前記抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いて求めるステップと、

前記求めたアンテナウェイトを前記サブキャリア群毎に時間的に切り替えて前記時系列受信信号に乘積して重み付けを行うステップと、

を具備することを特徴とするスマートアンテナを用いた受信方法。

【請求項 6】 複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信方法において、アンテナ素子毎の受信信号にアンテナウェイトを乗算して重み付けを行うステップと、

前記重み付けされた信号を合成した信号をフーリエ変換した後の時系列受信信号からアンテナウェイトを求めるためのパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するステップと、

前記間欠的に抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナ素子毎に、前記重み付けのためのアンテナウェイトを求めるステップと、

受信方法。

【請求項7】 アンテナ素子毎にデジタル化された受信信号を入力する入力部と、

前記入力部から入力された受信信号より所定のパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するパイロット信号抽出部と、

パイロットサブキャリア周波数近辺に中心周波数を有する複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア信号群毎に、前記パイロット信号抽出部より抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトの計算を行うウェイト群計算部と、

前記計算されたパイロットサブキャリア信号群毎のアンテナウェイトを前記入力部から入力されたアンテナ素子毎の受信信号に乗積する重み付け部と、

前記重み付け部によって前記アンテナウェイトに乗積されたアンテナ数分の受信信号をパイロットサブキャリア毎に合成する加算部と、

前記パイロット信号抽出部及び前記ウェイト群計算部にタイミング信号を供給するタイミング信号制御部と、を具備することを特徴とするビーム形成回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、直交周波数分割多重方式 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing; 以下、OFDMと記述) を用いた無線通信システムに係り、複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信装置、スマートアンテナを用いた受信方法及び前記受信装置の一部を構成するビーム形成回路に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年の無線通信の発展は著しく、利用者は、無線端末によって、音声のみならず画像やデータ等の大容量情報を扱うケースが増えてきている。このように大容量情報を高速伝送するためには、広帯域信号を扱い、且つ遅延波による干渉対策やフェージング対策が不可欠である。このような広帯域通信を実現する通信方式としてOFDM方式が注目されている。

【0003】 OFDM方式は、各搬送波 (キャリア) の周波数が隣接キャリアと周波数軸上で直交するように多数のキャリアを並べ、それによって、ある限られた周波数帯域内にキャリアを多重化する方式である。この場合、直交するキャリアを副搬送波 (サブキャリア) と呼ぶ。フーリエ逆変換およびフーリエ変換を用いることにより、簡単に周波数直交信号を生成、分解することができる上に、ガード区間を設けることにより、このガード区間以内の遅延時間を有する遅延波に対しては、その影響を除去することができる。このため、高速伝送で不可避な周波数選択性フェージングへの耐性を強くすることができる。このようなOFDMは、セルラー方式や放送だけでなく、今後、無線LAN等にも活用されていく

と予想される。

【0004】 例えば、5GHzの周波数帯において、OFDM変調方式を用いた無線LANの標準化が日本・欧州・米国で進められており、それぞれHiSWANa、HiPerLAN、IEEE802.11aと呼ばれる。これらは特に物理レイヤにおいて似た仕様となっており、特に欧州では、無線LANの範疇にとどまらず、屋外での使用も可能な仕様となっている。3方式とも、特定のサブキャリアに常に既知系列を含むパイロットサブキャリアを有し、すべてのサブキャリアには、先頭に既知のプリアンプルが含まれるバケット構成を持つ。図8に送信信号の周波数-時間系列のフレーム構成例を示す。この例では、帯域 $2 \times f_M$ の合計52個のサブキャリアを有し、4個のパイロットサブキャリアを含む1 OFDMシンボル時間は $4 \mu sec$ である。

【0005】 図6、7に、従来のOFDM送受信装置の概略構成を表すブロック図を示す。図6、図7はそれぞれ上記無線LANの送信機および受信機の構成を示しており、例えば文献 "OFDM for wireless multimedia communications," (Richard Van Nee, Ramjee Prasad 著, Artech House, 2000) 等に詳しい説明が掲載されている。ここで、図6、図7を用いて信号の流れを簡単に説明する。図6の送信機においては、まず、送信データが符号器601により誤り訂正符号化され、その後、インタリーバ602によって信号系列の順序を入れ替える。インタリーバ602の出力はQAMシンボル配置部603においてQAMによる多値信号に変換された後、パイロット信号挿入部604によってパイロット信号が挿入される。

【0006】 続いて、QAMの送信データは、直並列変換器 (S/P変換器) 605によりN個 (N: サブキャリア数) のデータからなる並列データに変換される。この並列データは、逆高速フーリエ変換 (IFFT) 部606において逆フーリエ変換された後、並直列変換器 (P/S変換器) 607によって直列データに変換される。

【0007】 IFFT部606の出力は、S/P変換器605から与えられるN個のデータにより、対応するN個のサブキャリアを変調した信号となっている。ガード区間挿入部608は、IFFT後の直列データ出力に対して、OFDMの有効シンボルの最後部と同じ時間波形をガード区間として有効シンボルの先頭に付加する。このガード区間長より短い遅延時間の遅延波を受信系のFFT (高速フーリエ変換) 処理で除去することができる。その後、送信信号は、D/A変換部 (DAC) 609にてアナログ信号に変換され、高周波送信回路 (RF TX) 610にて直交変調や周波数変換、フィルタリング、電力増幅等の処理が施され、アンテナ611より無線送信される。

【0008】 図7の受信機においては、アンテナ612

で受信したOFDM波について、高周波受信回路（RF RX）613にてフィルタリング、低雑音増幅、周波数変換、直交復調等が施され、A/D変換器（ADC）614によってデジタル信号に変換される。A/D変換器614の出力は、同期部615においてタイミングやフレーム、キャリア等の同期を確立し、ガード区間除去部616にてガード区間が除去される。これにより、ガード区間長以内の遅延波の影響は排除される。その後、S/P変換器617によって並列データに変換された信号は、FFT部618により高速フーリエ変換が行われ、さらにP/S変換器619により直列データへの変換が実行される。FFTが行われたOFDM受信信号は、周波数分割多重された各サブキャリアの信号が時間軸方向に順番に並べられた信号となり、伝搬路補正部620にて伝搬路歪が推定・補正され、QAMシンボル分配部621にてビット系列に変換される。最後に、デインタリーバ622によって、元の送信信号系列と同じ順序に並び替えると共に伝搬路誤りをランダム化させ、復号器623によって誤り訂正復号が行われ、信号が得られる。

【0009】このようなOFDMシステムを実現する際、ガード区間長を超える遅延時間をもつ遅延波による干渉や、同一周波数帯を使用する他のセルおよび他のシステムからの同一チャネル干渉への対策が必要となってくる。また、周波数の逼迫対策として、周波数の有効利用技術も必要である。このような問題の解決方法として、スマートアンテナをOFDMシステムに適用するのが効果的である。

【0010】スマートアンテナは、基地局あるいは端末局のアンテナの指向性を可変にすることによって、システム容量の増大、または基地局のカバーするエリアの拡大、または通信品質の改善が図れる技術である。単に指向性を有するアンテナだけでなく、複数のアンテナ素子を配置したアレーアンテナを有し、図5に示すような構成により、各アンテナ素子毎に振幅および位相の重み付けを行うことによって、所望の指向性パターンを形成することができる。このような電氣的に指向性を可変できるアレーアンテナの場合、所望波方向にビームを向けるだけでなく、干渉波の方向にヌルを向けることもできる。特に、基地局において互いに直交する（互いの方向にヌルを向け合う）複数の指向性パターンを形成することにより、各ビーム毎に同一時間／周波数チャネルを割り当てるSDMA（Space Division Multiple Access）を実現でき、周波数の有効利用が期待できる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】スマートアンテナは、広帯域信号に対して所望のビームを形成するために、各アンテナ素子毎に複数のタップ付き遅延線（TDL）と複数の重み付け器が必要である。また、OFDMのよう

は、各サブキャリア毎に重み付け器を備えることで等価的に実現できる。このとき、すべてのOFDMサブキャリア毎にアンテナウェイトを計算するため、必然的に処理量が膨大になるという問題がある。このため、アンテナウェイト計算に時間が掛かり、音声信号のようにリアルタイム処理を必要とする場合等に支障を来すこととなり、それを回避するために計算速度を上げようとする、回路規模が大きくなったり、或いは高速のDSP又はCPUを用いなければならなくなる。

10 【0012】また、全てのサブキャリアにウェイト計算に必要な長さをもつ既知信号系列を必要とするため、パケット効率の低下を免れない（ブラインドアルゴリズムの場合は不必要）、或いはプリアンプの短い前記の無線システムでは、既存のアルゴリズムを用いて最適な解を得るのが非常に困難となる。

【0013】本発明は、上述の如き従来の課題を解決するためになされたもので、その目的は、広帯域でスマートアンテナ機能を実現するのに簡易なハードウェア構成を有し、且つウェイト計算の処理量を低減することができ
20 けるスマートアンテナを用いた受信装置、スマートアンテナを用いた受信方法及び前記受信装置の一部を構成するビーム形成回路を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1の発明の特徴は、複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信装置において、受信信号をフーリエ変換して周波数領域で直交関係にあるサブキャリアに分離するアンテナ素子数と同数のフーリエ変換部と、前記フーリエ変換部の出力信号から所定の中心周波数を有するパイロットサブキャリア信号を抽出し、前記パイロットサブキャリア周波数近辺
30 に中心周波数を有する複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア信号群毎に、前記抽出したパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトの計算を行うウェイト群計算部と、前記ウェイト群計算部によって算出されたアンテナウェイトを前記サブキャリア信号群毎に乗積する重み付け部と、前記重み付け部によって前記アンテナウェイトを乗積されたアンテナ数分の受信信号をサブキャリア毎に合成する加算部と、前記加算部によ
40 って重み付け合成されたサブキャリア毎の信号を並列直列変換する並直列変換部とを具備することにある。

【0015】このような構成により、すべてのサブキャリアに対してアンテナウェイトを得る必要はなく、サブキャリア群の数だけウェイトを求めればよいので、従来に比べてウェイト計算にかかる処理量を大幅に低減できる。

【0016】請求項2の発明の特徴は、複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信装置において、受信信号をフーリエ変換して周波数

素子数と同数のフーリエ変換部と、前記フーリエ変換部によってフーリエ変換されたサブキャリア毎の信号を時分割で直列変換する並直列変換部と、前記並直列変換部の出力信号から所定の中心周波数を有するパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するパイロット信号抽出部と、パイロットサブキャリア周波数近辺に中心周波数を有する複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア信号群毎に、前記パイロット信号抽出部によって抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトの計算を行うウェイト群計算部と、前記ウェイト群計算部によって算出されたアンテナウェイトを前記並直列変換部から出力されるサブキャリア信号群毎に乘積する重み付け部と、前記重み付け部によって前記アンテナウェイトを乗積されたアンテナ数分の受信信号をサブキャリア毎に合成する加算部とを具備することにある。

【0017】このような構成により、ハードウェア構造を簡単化できると共に、アンテナウェイトを求めるための入出力線数を少なくできるため、FFTや復調信号処理等のLSIと別個に、スマートアンテナ機能回路としてアップリケタイプで実現可能であり、LSI化、低コスト化に大きく貢献できる。

【0018】請求項3の発明の特徴は、複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信装置において、アンテナ素子毎の受信信号に所定のウェイトを乗積する重み付け部と、前記アンテナ素子数と同数の前記重み付け部の出力信号を合成する加算部と、前記加算部の出力信号をフーリエ変換して周波数領域で直交関係にあるサブキャリアに分離するフーリエ変換部と、前記フーリエ変換部の出力信号から周期的に含まれるパイロットサブキャリア信号を抽出するパイロット信号抽出部と、前記重み付け部で受信信号に乗算するアンテナウェイトを、前記抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いて計算するウェイト計算部とを具備することにある。

【0019】このような構成により、ウェイト合成のための乗算器の数およびFFTの数を低減することができ、ハードウェア構成の簡単化が図れる。また、サブキャリア数にかかわらず、求めるアンテナウェイト数がアンテナ素子数と一致するため、ウェイト計算にかかる処理量を大幅に低減することができる。

【0020】請求項4の発明の特徴は、複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信方法において、フーリエ変換された受信信号から抽出した所定のパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトを求めるステップと、パイロットサブキャリア信号を少なくともひとつ含む複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア群毎の前記フーリエ変換された受信信号に、前記求めたアンテナウェイトを周波数領域で乗積するステップとを具備することにある。

【0021】請求項5の発明の特徴は、複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信方法において、フーリエ変換された後の時系列受信信号からアンテナウェイトを求めるためのパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するステップと、パイロットサブキャリア信号を少なくともひとつ含む複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア群毎のアンテナウェイトを前記抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いて求めるステップと、前記求めたアンテナウェイトを前記サブキャリア群毎に時間的に切り替えて前記時系列受信信号に乗積して重み付けを行うステップとを具備することにある。

【0022】請求項6の発明の特徴は、複数のアンテナを用いて指向性を変化させるスマートアンテナを用いた受信方法において、アンテナ素子毎の受信信号にアンテナウェイトを乗算して重み付けを行うステップと、前記重み付けされた信号を合成した信号をフーリエ変換した後の時系列受信信号からアンテナウェイトを求めるためのパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するステップと、前記間欠的に抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナ素子毎に、前記重み付けのためのアンテナウェイトを求めるステップとを具備することにある。

【0023】請求項7の発明の特徴は、アンテナ素子毎にデジタル化された受信信号を入力する入力部と、前記入力部から入力された受信信号より所定のパイロットサブキャリア信号を間欠的に抽出するパイロット信号抽出部と、パイロットサブキャリア周波数近辺に中心周波数を有する複数のサブキャリア信号で構成されるサブキャリア信号群毎に、前記パイロット信号抽出部より抽出されたパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトの計算を行うウェイト群計算部と、前記算出されたパイロットサブキャリア信号群毎のアンテナウェイトを前記入力部から入力されたアンテナ素子毎の受信信号に乗積する重み付け部と、前記重み付け部によって前記アンテナウェイトを乗積されたアンテナ数分の受信信号をパイロットサブキャリア毎に合成する加算部と、前記パイロット信号抽出部及び前記ウェイト群計算部にタイミング信号を供給するタイミング信号制御部とを具備することにある。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。ここで、下記のすべての実施例において、簡単のため、アンテナおよび受信系が3系統、サブキャリア数9、サブキャリア群3として説明しているが、それら系の数、サブキャリア数あるいはサブキャリア群の数を変更してもその動作原理および効果は変わらない。またFFTは、離隔フーリエ変換(DFT)を行うものであれば、その計算処理方法は限定されない。

【0025】図1は本発明のスマートアンテナを用いた

受信装置の第1の実施形態に係る構成を示したブロック図である。本実施形態の受信装置は、アンテナ101a～101cと、受信した無線周波数信号に対してフィルタリング、低雑音増幅、周波数変換、直交復調等を施す高周波受信回路(RF RX)102a～102cと、ベースバンドアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器(ADC)103a～103cと、FFT入力のために信号を直並列変換するS/P変換器104a～104cと、デジタル信号に対してFFT処理を施すFFT105a～105cと、FFTの入出力およびウェイト群計算部のタイミング制御を行うタイミング制御部111と、FFT出力からパイロットサブキャリア信号を抽出し、各サブキャリア群毎のアンテナウェイト群を求めるウェイト群計算部112と、各アンテナウェイトをサブキャリア群毎に重み付けをする重み付け器106a～108a、106b～108b、106c～108cと、各サブキャリア毎に重み付けられた3受信系の受信信号を合成する加算器109と、FFT出力を重み付け合成した各サブキャリア信号を直列時系列信号に変換するP/S変換器110とから構成される。

【0026】次に本実施形態の動作について説明する。まず、アンテナ101a～101cで受信されたOFDM信号は、高周波受信回路102a～102cにおいて、無線周波数帯でフィルタリング、低雑音増幅、周波数変換等が行われ、中間周波数帯にてフィルタリング、直交復調、AGC等が行われた後、A/D変換器103a～103cにてデジタル信号に変換される。このデジタル信号は、FFT入力のためにS/P変換器104a～104cにて直並列変換され、FFT105a～105cでフーリエ変換される。これにより、直交周波数領域に拡散されていた信号系列が各サブキャリア毎に分離される。

【0027】ここで、各サブキャリア帯域が比較的広いと、すべてのサブキャリアに同じアンテナウェイトで重み付けした場合、離れたサブキャリア間の中心周波数偏差のために、各サブキャリア毎に得られる指向性パターンが異なり、所望波方向へのビーム利得が低下したり、干渉波方向へのヌルが形成されずに特性を劣化させる要因になることがある。しかし、すべてのサブキャリアに対してアンテナウェイトを求めると、その計算量が膨大となり現実的でない。そこで、サブキャリア間の周波数偏差による指向性パターン変化が致命的にならない程度に離れた中心周波数をもつサブキャリアをまとめてサブキャリア群とし、サブキャリア群を形成する各サブキャリアの信号には同じウェイトで重み付けする。

【0028】例えば、本実施形態では、9個のサブキャリアのうち周波数の高いサブキャリアから順にS1、…、S9としたとき、S2、S5、S8に含まれる情報系列が既知であるパイロットサブキャリアが存在すると

それぞれサブキャリア群とする。また、それぞれ重み付けするアンテナウェイトをW1、W2、W3とし、これらのウェイト群はパイロットサブキャリアS2、S5、S8によってウェイト群計算部112で計算される。このとき、FFT105a～105cの入出力タイミングおよびウェイト群計算部112のウェイト計算に用いる信号のタイミングはタイミング制御部111において検出、制御される。各受信系において同じ時刻の出力信号を抽出するようにタイミング制御部111からウェイト群計算部112へタイミング制御信号が送られる。ウェイト群計算部112で求められたサブキャリア群毎のアンテナウェイトW1、W2、W3は重み付け器106a～108a、106b～108b、106c～108cで乗積され、加算器109においてアンテナ素子ずつ合成される。

【0029】最後に、サブキャリア毎に重み付け合成された信号は、P/S変換器110によって時系列の直列信号へと変換される。これにより、各サブキャリア毎に所望の指向性パターンを有する信号が得られる。ウェイト群計算部112では、既知情報が連続的に含まれるパイロットサブキャリア信号を用いることができるため、ブラインドアルゴリズムに限らず、LMS (Least Mean Squares) やSMI (Sample Matrix Inverse)、RLS (Recursive Least Square) といったMMSE (Minimum Mean Square Error: 最小平均2乗誤差) 基準のビーム形成アルゴリズム等が利用できる。

【0030】上記のように本実施形態のスマートアンテナを用いた受信装置では、すべてのサブキャリアに対してアンテナウェイトを得る必要はなく、幾つかのサブキャリアを纏めてサブキャリア群とし、これらサブキャリア群の数だけウェイトを求めればよいので、ウェイト計算にかかる処理量を大幅に低減できる。これにより、回路規模を大きくすることなく、或いは超高速のCPUなどを用いなくとも、信号をリアルタイム処理することができる。

【0031】また、変調方式や誤り訂正符号化方式に依存しない指向性制御が実現できる。更に、アンテナ群に含まれるサブキャリア数は、サブキャリア信号帯域やOFDMキャリア周波数帯に依存するため、復号後の誤り率特性とウェイト計算処理量のトレードオフを考慮して決めることが考えられる。

【0032】図2は本発明のスマートアンテナを用いた受信装置の第2の実施形態に係る構成を示したブロック図である。本実施形態の受信装置は、アンテナ201a～201cと、受信した無線周波数信号に対してフィルタリング、低雑音増幅、周波数変換、直交復調等を施す高周波受信回路(RF RX)202a～202cと、ベースバンドアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器(ADC)203a～203cと、デジ

05cと、これらFFTへの入出力のために直列並列変換を行うS/P変換器204a~204cおよびパレル信号をシリアル信号に変換するP/S変換器206a~206cと、FFT出力から間欠的にパイロットサブキャリア信号を抽出するパイロット信号抽出回路(Gate circuit)210と、FFTの入出力タイミングおよびパイロット信号抽出タイミングの制御を行うタイミング制御部209と、抽出されたパイロット信号を用いて各サブキャリア群毎のアンテナウェイト群を求めるウェイト群計算部211と、各アンテナウェイトをサブキャリア群毎に時分割で重み付けをする重み付け器207a~207cと、重み付けられた3系統の受信信号を加算する加算器208とから構成される。

【0033】次に本実施形態の信号受信時の動作について説明する。まず、アンテナ201a~201cで受信されたOFDM信号は、高周波受信回路202a~202cにおいて、無線周波数帯でフィルタリング、低雑音増幅、周波数変換等が行われ、中間周波数帯にてフィルタリング、直交復調、AGC等が行われた後、A/D変換器203a~203cにてデジタル信号に変換される。このデジタル信号は、FFT入力のためにS/P変換器204a~204cにて直並列変換され、FFT205a~205cでフーリエ変換された後、P/S変換器206a~206cによって時系列の直列信号へと変換される。これにより、直交周波数領域に拡散されていた信号系列が各サブキャリア毎に分離され、巡回的に時系列で逐次出力される。

【0034】一方、パイロット信号抽出回路210では、FFTされた信号から間欠的にパイロットサブキャリア信号を抽出し、ウェイト群計算部211にて各サブキャリア群毎に所望の指向性パターンを形成するアンテナウェイトを求める。このとき、FFTの入出力タイミングおよびパイロット信号抽出タイミングはタイミング制御部209において検出、制御される。また、アンテナウェイトの計算は、第1の実施形態と同様に様々なビーム形成アルゴリズムによって実現できる。

【0035】求めたアンテナウェイト群は、重み付け器207a~207cにて受信信号に乗積され、加算器208によって合成される。これにより、各サブキャリア毎に所望の指向性パターンを有する信号が得られる。

【0036】本実施形態は、パイロット信号をFFTした後の並列直列変換した直列信号からパイロット信号抽出回路210により間欠的にパイロット信号を抽出しているところに特徴がある。以下にパイロット信号抽出回路210の動作について説明する。

【0037】図3に上記したパイロット信号抽出回路210の原理を示す。FFT後のP/S変換出力信号は各サブキャリアの1OFDMシンボルが9倍のシンボルレートで時間的に順番に並べられて時系列となる。パイロット信号抽出回路210は、同じOFDMシンボルに含

まれる9シンボルの時系列(直列)信号が同回路に完全に入力されたときに、パイロットサブキャリアに相当するシンボルだけを抽出する構成をもつ。そのため、各OFDMシンボルタイミングを示す制御クロックおよびパイロットサブキャリアが含まれる位置に関する情報がタイミング制御部209から渡される。

【0038】例えば、第1の実施形態と同様に、9個のサブキャリアのうち周波数の高いサブキャリアから順にS1、…、S9とし、S2、S5、S8がパイロットサブキャリアとすると、FFT後のP/S変換出力は時間的に3シンボルおきにパイロット信号が含まれることになる。抽出されたパイロット信号は各ウェイト群を求めるために、一旦メモリ301~303に蓄積される。また、ウェイトを乗積する際には、ウェイト群計算部211から重み付け器207a~207cへ値が渡される時に、サブキャリア群毎にウェイトが周期的に変化するようタイミング制御が行われる。

【0039】上記のように本実施形態のスマートアンテナを用いた受信装置は、パイロット信号をFFTした後の並列直列変換した直列信号からパイロット信号抽出回路210により間欠的にパイロット信号を抽出し、これらパイロット信号を用いて重み付け計算をし、その計算結果によりアンテナ201a~201c対応の前記直列信号に重み付けを行う構成のため、従来に比べて大幅な処理量低減が図れる。さらに、ウェイトを求めるための入出力線数が少なくて済むため、FFTや復調信号処理等のLSIと別個に、スマートアンテナ機能回路としてアップリケタイプで実現可能であり、LSI化、低コスト化に貢献できる。また、パイロット信号抽出回路210、およびウェイト群計算部211から渡されるサブキャリア群ウェイトの設定タイミングを変更することにより、サブキャリア群のグルーピングの変更が容易になる利点もある。また、パイロット信号抽出回路210に入力されるタイミング制御信号の情報を工夫すると、パイロットサブキャリアの信号を連続的にすべてのアンテナ素子分抽出するのではなく、適当な間隔で間引いて抽出することにより、処理レートを低減することが可能となる。こうした場合、ウェイトを求めるのに時間はかかるが、パイロット信号抽出回路210あるいは後続のウェイト群計算部211の回路規模に制限がある場合に有効である。また動作クロックを低下させることができ、消費電力やコストの面でも有利になる。

【0040】尚、図2の点線で示した部分50は上述したアップリケタイプとして独立させることができ、ビーム形成回路と称して、独立したチップとすることができ

る。【0041】図4は本発明のスマートアンテナを用いた受信装置の第3の実施形態に係る構成を示したブロック図である。本実施形態の受信装置は、アンテナ401a~401cと、受信した無線周波数信号に対してフィル

10

20

30

40

50

タリング、低雑音増幅、周波数変換、直交復調等を施す高周波受信回路 (RF RX) 402a~402cと、各アンテナ素子毎にアンテナウェイトを乗積する重み付け器 404a~404bと、重み付けられた3系統の受信信号を加算する加算器 405と、重み付け合成された受信信号をパラレル信号に変換するS/P変換器 406と、重み付け合成された受信信号に対してFFT処理を施すFFT 407と、FFTされた信号をシリアル信号に変換するP/S変換器 408と、FFTの入出力タイミングおよびパイロット信号抽出タイミングの制御を行うタイミング制御部 409と、FFTされた信号から間欠的にパイロットサブキャリア信号およびブリアンブル信号を抽出するパイロット信号抽出回路 (Gate circuit) 410と、抽出されたパイロット信号およびブリアンブル信号を用いてアンテナウェイトを求めるウェイト計算部 411とから構成される。

【0042】次に本実施形態の信号受信時の動作について説明する。まず、アンテナ 401a1~401bで受信されたOFDM信号は、高周波受信回路 402a~402cにおいて、無線周波数帯でフィルタリング、低雑音増幅、周波数変換等が行われ、中間周波数帯にてフィルタリング、直交復調、AGC等が行われた後、重み付け器 404a~404c、加算器 405によって各アンテナ素子毎に別に求めたアンテナウェイトを乗積して合成する。本例では一つのアンテナ素子に対して一つのアンテナウェイトを乗積する。

【0043】その後、FFT 407により重み付け形成された受信信号に対してフーリエ変換処理を施し、所望の指向性パターンで受信された時系列信号を得る。一方、パイロット信号抽出回路 410では、FFT 407の出力信号から間欠的にパイロットサブキャリア信号と各サブキャリアに含まれる既知のブリアンブル信号を抽出し、ウェイト計算部 411にて所望の指向性パターンを形成するアンテナウェイトを計算する。このとき、FFTの入出力タイミングおよびパイロット信号抽出タイミングはタイミング制御部 409において検出、制御される。また、アンテナウェイトの計算は、FFT後の時系列に連続的に含まれるブリアンブル信号を用いて初期ウェイトを求め、その後、伝搬路状態の時間的変動に追従するために、周期的に存在するパイロットサブキャリア信号を用いてアンテナウェイトを更新する。求めたアンテナウェイトは、FFT前段にある重み付け器 404a~404cにて受信信号に乗積される。

【0044】本実施形態によれば、アンテナ素子数分のアンテナウェイトを求めて重み付け合成した受信信号をFFT化して、その後、パイロット信号を抽出してウェイト計算を行うため、1種類のウェイト計算を行えばよく、ウェイト計算にかかる処理量を大幅に低減できると共に、ウェイトを重み付け合成するための乗算器および

で済むという利点があり、回路規模を小さくすることができる。また、ウェイトの切替がないため、タイミング制御が簡単になり、タイミング制御系を簡単化でき、この点からも回路規模を小さくすることができる。

【0045】但し、本例は、干渉波やマルチパスがほとんど存在しない静的な伝搬路環境である場合、若しくはOFDMの使用帯域が伝搬路のコヒーレント帯域幅より狭い場合という条件が必要で、このような条件を満足する際には、キャリア数にかかわらず、各アンテナ素子に一つのアンテナウェイトを用いても、サブキャリア間の中心周波数偏差による指向性パターンのずれは問題にならないため、大幅なウェイト計算量低減およびハードウェア構成の簡単化の点で有効である。

【0046】また、404a~404c、405による重み付け合成は図4の例ではデジタル信号に対してであるがアナログ信号に対しても処理可能である。例えばアナログ信号処理の場合、重み付け器 404a~404cを移相器および増幅器 (減衰器) を用いて実現することができ、この場合は重み付け器の後段にA/D変換器を挿入する構成となる。

【0047】尚、本発明は上記実施形態に限定されることなく、その要旨を逸脱しない範囲において、具体的な構成、機能、作用、効果において、他の種々の形態によっても実施することができる。

【0048】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、FFT出力のパイロットサブキャリアを用いてアンテナウェイトを計算し、予め定められたサブキャリア群の各サブキャリア信号を同じウェイトで重み付け合成する構成をとることによって、すべてのサブキャリアに対してアンテナウェイトを得る必要はなく、サブキャリア群の数だけウェイトを求めればよいので、ウェイト計算にかかる処理量を大幅に低減できる。

【0049】または、本発明によれば、アンテナウェイトを求めるためのパイロット信号抽出、および重み付け合成をFFT後段で時系列に基づいて行うことにより、ハードウェア構成を簡単化できる利点がある。さらに、この場合、アンテナウェイトを求めるための入出力線数が少なくすむため、FFTや復調信号処理等のLSIと別個に、スマートアンテナ機能回路としてアプリケーションタイプで実現可能であり、LSI化、低コスト化に大きく貢献できる。

【0050】または、FFT前段にアンテナウェイト重み付け合成部を配置することによって、ウェイト合成のための乗算器の数およびFFTの数を低減することができ、ハードウェア構成の簡単化が図れる。また、サブキャリア数に拘らず、求めるアンテナウェイト数がアンテナ素子数と一致するため、ウェイト計算にかかる処理量を大幅に低減することができる。

【図1】本発明のスマートアンテナを用いた受信装置の第1の実施形態に係る構成を示したブロック図である。

【図2】本発明のスマートアンテナを用いた受信装置の第2の実施形態に係る構成を示したブロック図である。

【図3】図2に示したパイロット信号抽出回路の動作原理を説明する図である。

【図4】本発明のスマートアンテナを用いた受信装置の第3の実施形態に係る構成を示したブロック図である。

【図5】従来のスマートアンテナを用いた受信装置の構成例を示したブロック図である。

【図6】従来のOFDM送信装置の概略構成を示したブロック図である。

【図7】従来のOFDM受信装置の概略構成を示したブロック図である。

【図8】OFDM方式における送信信号の周波数-時間系列フレーム構成例を示した図である。

【符号の説明】

50 ビーム形成回路

101a~101c、201a~201c、401a~

401c アンテナ

102a~102c、202a~202c、402a~

402c 高周波受信回路

103a~103c、203a~203c、403a~

403c A/D変換器

104a~104c、204a~204c、406 S

/P変換器

105a~105c、205a~205c、407 F

FT

106a~106c、107a~107c、108a~

108c、207a~207c、404a~404c

重み付け器

109a~109i、208、405 加算器

110、206a~206c、408 P/S変換器

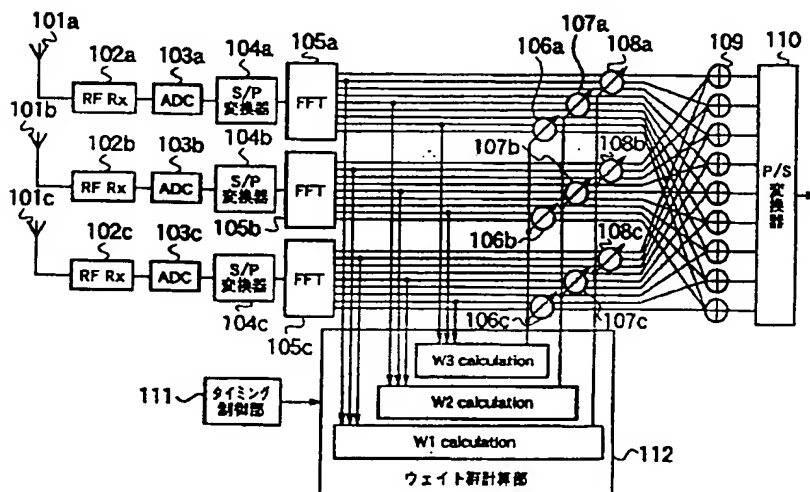
111、209、409 タイミング制御部

112、211、411 ウェイト群計算部

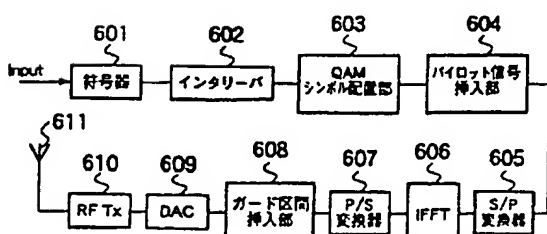
210、410 パイロット信号抽出回路

301、302、303 メモリ

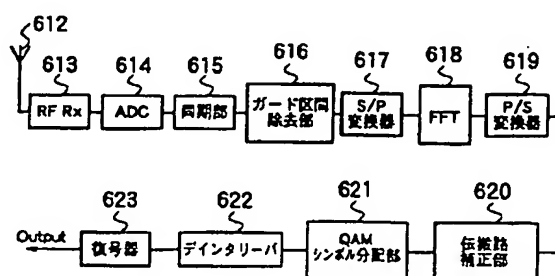
【図1】



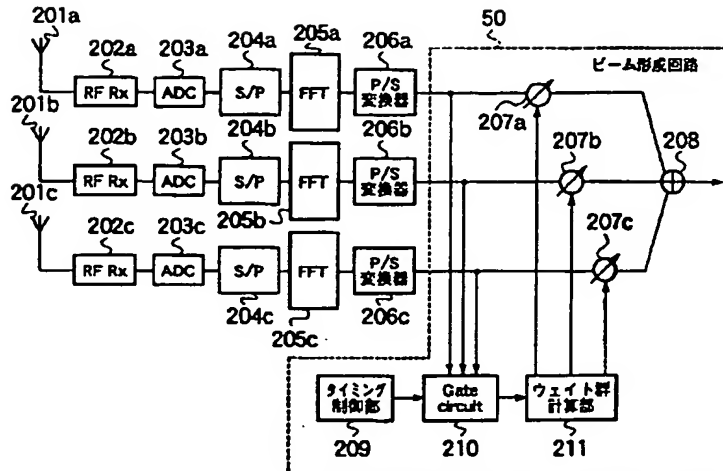
【図6】



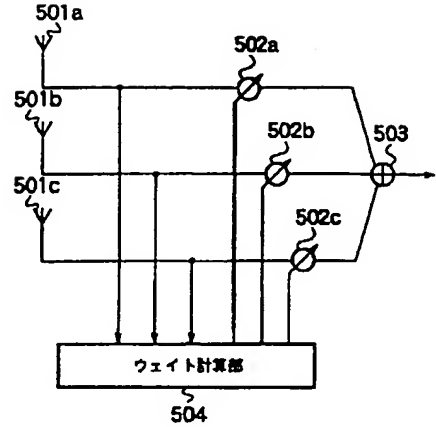
【図7】



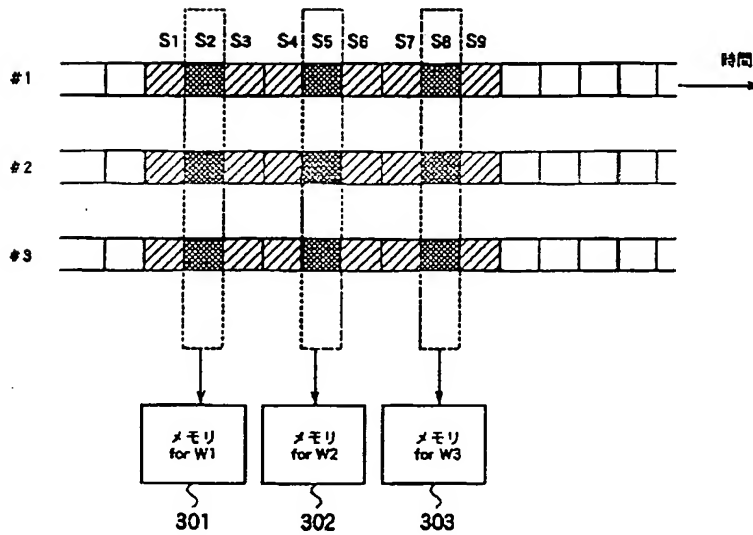
【図2】



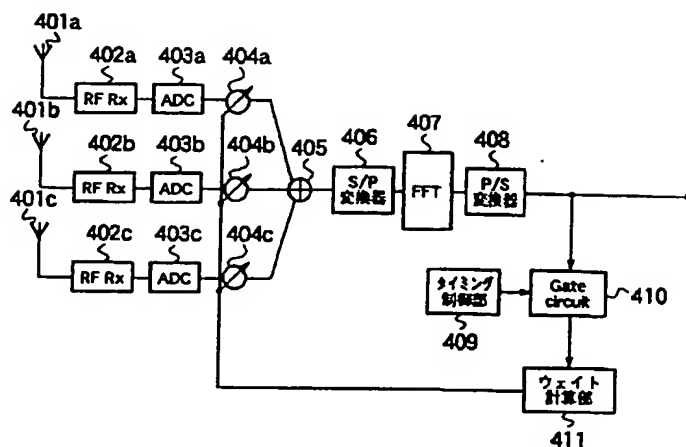
【図5】



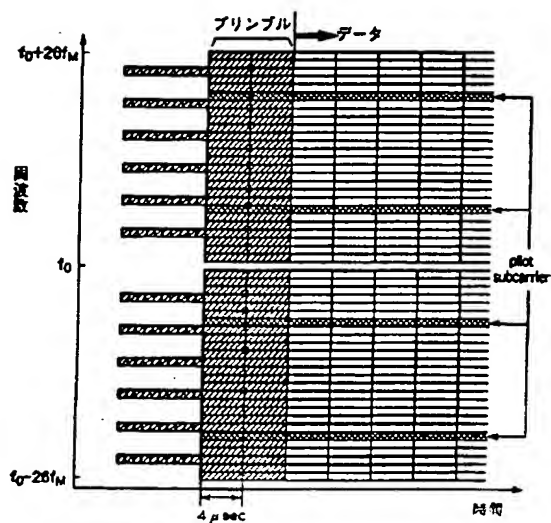
【図3】



【図4】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J021 AA05 AA06 CA06 DB02 DB03
 EA04 FA14 FA15 FA16 FA17
 FA20 FA26 FA29 FA30 FA32
 GA02 HA05 HA10
 5K022 DD01 DD13 DD18 DD19 DD33
 5K059 AA12 CC09 DD10 DD31 EE02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.